

CLIPPEDIMAGE= JP406036735A  
PUB-NO: JP406036735A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06036735 A

TITLE: SUBSTRATE MANUFACTURING DEVICE BY POLYVALENT ION  
IMPLANTING METHOD AND  
MANUFACTURE OF SUBSTRATE

PUBN-DATE: February 10, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

YAMASHITA, YASUO

KANEDA, YASUMASA

YAMADA, TERUO

ISOTANI, YOSHIHIKO

INT-CL\_(IPC): H01J037/317; C23C014/48 ; H01L021/265

US-CL-CURRENT: 250/492.21

ABSTRACT:

PURPOSE: To suppress the enlargement of a device and implant ions with high energy by providing a polyvalent ion generation section, a beam focus section, a mass analysis section, a beam deflection section, a beam acceleration section, and a beam radiation section.

CONSTITUTION: A polyvalent ion generation section B generates polyvalent ions in a plasma chamber by utilizing electron cyclotron resonance. A beam focus section C focuses an ion beam of polyvalent ions extracted from the chamber and suppresses its divergence. A mass analysis section D selects the polyvalent ions having aimed valences in the ion beam from other polyvalent ions having different valences. A beam deflection section E deflects the ion beam of the polyvalent ions having the aimed valences in response to the radiation field of a substrate. A beam acceleration section F accelerates the ion beam of the polyvalent ions having the aimed valences. A beam radiation section G radiates

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-36735

(43)公開日 平成6年(1994)2月10日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H 0 1 J 37/317	Z	9172-5E		
C 2 3 C 14/48		9046-4K		
H 0 1 L 21/265		8617-4M	H 0 1 L 21/ 265	F

審査請求 未請求 請求項の数2(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-189288

(22)出願日 平成4年(1992)7月16日

(71)出願人 000004215

株式会社日本製鋼所

東京都千代田区有楽町一丁目1番2号

(72)発明者 山下 靖夫

千葉県四街道市鷹の台一丁目3番 株式会  
社日本製鋼所内

(72)発明者 金田 安正

千葉県四街道市鷹の台一丁目3番 株式会  
社日本製鋼所内

(72)発明者 山田 輝雄

千葉県四街道市鷹の台一丁目3番 株式会  
社日本製鋼所内

(74)代理人 弁理士 有近 紳志郎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 多価イオン注入法による基板製造装置および基板製造方法

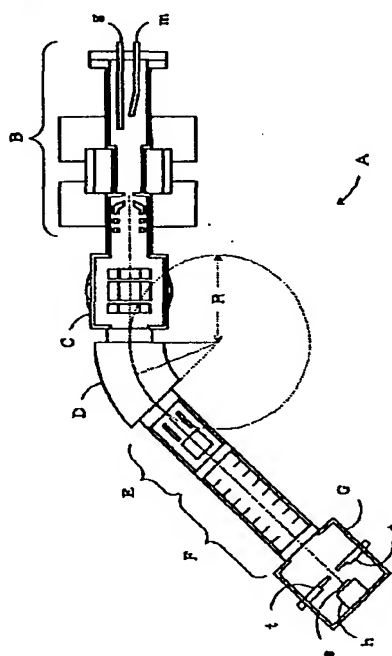
## (57)【要約】

【目的】 装置の大型化を抑えて、良好なコストパフォーマンスで、高いエネルギーによるイオン注入を実現できる。

【構成】 プラズマチャンバ内で多価イオンを生成する多価イオン生成部Bと、生成された多価イオンをプラズマチャンバ内から引き出す引出電極と、イオンビームを集束させるビーム集束部Cと、イオンビーム中の目的価数の多価イオンと他の多価イオンとを選別する価数選別部Dと、ビーム偏向部Eと、ビーム加速部Fと、目的価数の多価イオンによるイオンビームを照射してサブストレーツにイオン注入するビーム照射部Gとを備える。

【効果】 ビーム加速部の能力に依らず、注入する多価イオンの価数に依って高いエネルギーによるイオン注入を実現させるため、装置の大型化が抑えられ、良好なコストパフォーマンスが得られる。

(図1)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電子サイクロトロン共振を利用してプラズマチャンバ内で多価イオンを生成する多価イオン生成手段と、生成された多価イオンをプラズマチャンバ内から引き出す引出手段と、引き出された多価イオンによるイオンビームを集束させてそのイオンビームの発散を抑制するビーム集束手段と、前記イオンビーム中の目的価数の多価イオンを価数の異なる他の多価イオンから選別する価数選別手段と、基板の照射野などに応じて前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを偏向させるビーム偏向手段と、前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを加速するビーム加速手段と、前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを照射して基板にイオン注入するビーム照射手段とを具備したことを特徴とする多価イオン注入法による基板製造装置。

【請求項2】 電子サイクロトロン共振を利用してプラズマチャンバ内で多価イオンを生成させ、前記プラズマチャンバ内から引き出した前記多価イオンによるイオンビームを集束させてから、前記イオンビーム中の目的価数の多価イオンを価数の異なる他の多価イオンから選別し、基板の照射野などに応じて前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを偏向させたのち目的エネルギーまで加速して、前記目的エネルギーに達した前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを照射して基板にイオン注入することを特徴とする多価イオン注入法による基板製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、多価イオン注入法による基板製造装置および基板製造方法に関し、さらに詳しくは、高エネルギーによるイオン注入を実現できる多価イオン注入法による基板製造装置および基板製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体基板に不純物を導入する方法として、また、耐摩耗性、耐食性などを向上させる表面改質の方法としてイオン注入法が用いられている。図4は、イオン注入法による基板製造装置の一般的構成の説明図である。この基板製造装置Jでは、試料ガスとして例えばAsF<sub>3</sub>を用いてイオン源KでAs<sup>+</sup>を生成する。生成されたAs<sup>+</sup>はイオン引出部Lによりイオン源Kから引き出されてイオンビームを形成し、ビーム集束部Mを介して質量分析部Nへ導かれる。イオンビーム中のAs<sup>+</sup>は、質量分析部Nにて他の不要なイオン（例えば、真空の不完全性に起因するO<sup>+</sup>）などから分離され、ビーム偏向部Pにて基板sの照射野に応じて偏向され、ビーム加速部Qにて目的エネルギーに加速されてから基板sに照射される。なお、図中、二点鎖線でイオン（ビーム）の飛跡を示している。前記ビーム加速部Qは、例えば電子ビームの加速に用いられる線形加速器であり、加

速電圧を印加してAs<sup>+</sup>を200keV程度の目的エネルギーに加速する。

【0003】なお、関連する他の従来技術は、例えば特開昭60-91600号公報や、特開昭62-229641号公報に開示されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】近年、新たな材料開発などのために、より高いエネルギーによるイオン注入を実現できる装置が要望されている。ところが、イオンを高エネルギーにしようとすると、線形加速器などのビーム加速部が大型化し且つ複雑になってしまう問題点がある。例えば、As<sup>+</sup>を200keV程度の目的エネルギーに加速しようとすると、2〜3mの長さの線形加速器が必要になる。

【0005】そこで、この発明の目的は、装置の大型化を抑えて、高いエネルギーによるイオン注入を実現できるようにした多価イオン注入法による基板製造装置および基板製造方法を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】第1の観点ではこの発明は、電子サイクロトロン共振を利用してプラズマチャンバ内で多価イオンを生成する多価イオン生成手段と、生成された多価イオンをプラズマチャンバ内から引き出す引出手段と、引き出された多価イオンによるイオンビームを集束させてそのイオンビームの発散を抑制するビーム集束手段と、前記イオンビーム中の目的価数の多価イオンを価数の異なる他の多価イオンから選別する価数選別手段と、基板の照射野などに応じて前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを偏向させるビーム偏向手段と、前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを加速するビーム加速手段と、前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを照射して基板にイオン注入するビーム照射手段とを具備したことを構成上の特徴とする多価イオン注入法による基板製造装置を提供する。

【0007】上記構成において、多価イオンとは、一般に2価以上のイオンを意味するが、5価〜20価が好ましく、8価〜12価がさらに好ましい。イオンの種類は、特に限定されないが、例えばP、S、B、Ba、As、Ar、Ne、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>などが挙げられる。

【0008】第2の観点ではこの発明は、電子サイクロトロン共振を利用してプラズマチャンバ内で多価イオンを生成させ、前記プラズマチャンバ内から引き出した前記多価イオンによるイオンビームを集束させてから、前記イオンビーム中の目的価数の多価イオンを価数の異なる他の多価イオンから選別し、基板の照射野などに応じて前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを偏向させたのち目的エネルギーまで加速して、前記目的エネルギーに達した前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを照射して基板にイオン注入することを構成上の特徴とする多価イオン注入法による基板製造方法を提供

する。

#### 【0009】

【作用】この発明のイオン注入法による基板製造装置では、多価イオン生成手段が電子サイクロトロン共振を利用してプラズマチャンバ内で多価イオンを生成する。生成される多価イオンは、例えば $As^{+2}$ 、 $As^{+3}$ 、…、 $As^{+10}$ 、…のように異なる価数の多価イオンからなっている。引出手段は前記多価イオンをプラズマチャンバ内から引き出し、引き出された多価イオンによるイオンビームをビーム集束手段が集束させて前記イオンビームの発散を抑制する。価数選別手段は、前記イオンビーム中の目的価数の多価イオンと価数の異なる他の多価イオンとを選別する。例えば $As^{+10}$ イオンを、 $As^{+1}$ 、…、 $As^{+9}$ 、 $As^{+11}$ 、…イオンから選別する。

【0010】ビーム偏向手段は基板の照射野などに応じて前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを偏向させ、ビーム加速手段は前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを加速する。前記ビーム加速手段は、1価イオンによるイオンビームを加速する従来のビーム加速手段と同等なものであっても、目的価数を例えば10とすることによって従来に比べて10倍のエネルギーまで加速できることになる。例えば、 $As^{+1}$ を200keV程度のエネルギーに加速するビーム加速部を用いても、 $As^{+10}$ イオンなら2000keV程度の目的エネルギーに加速することが出来る。なお、従来と同じエネルギーまで加速するのであれば、従来より小型のビーム加速部を用いることが出来る。ビーム照射手段は、前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを基板に照射して、イオン注入する。

【0011】この発明の多価イオン注入法による基板製造方法は、上記多価イオン注入法による基板製造装置により好適に実施される。

#### 【0012】

【実施例】以下、図に示す実施例に基づいてこの発明をさらに詳細に説明する。なお、これによりこの発明が限定されるものではない。図1は、この発明の一実施例のイオン注入法による基板製造装置の説明図である。この基板製造装置Aは、多価イオン生成部B、ビーム集束部C、質量分析部D、ビーム偏向部E、ビーム加速部F、ビーム照射部Gから構成されている。なお、二点鎖線はイオン（ビーム）の飛跡を示している。

【0013】以下、各構成要素について説明する。図2は、多価イオン生成部Bの縦断面図である。この多価イオン生成部Bは、その中央部分に両端が開いた円筒状のプラズマチャンバ2を備えており、その一方の開口端側（図中、右側）に配設されたガス導入管g（図1参照）と導波管m（図1参照）とからそれぞれ試料ガスとマイクロ波とが前記プラズマチャンバ2の内部に導入されるようになっている。

【0014】前記プラズマチャンバ2の外周には、永久

磁石3が設けられている。この永久磁石3は、前記プラズマチャンバ2の径方向に6個の棒磁石を放射状に配置してなる6極永久磁石の組をプラズマチャンバ2の軸線方向に複数組だけ配列したものであって、その永久磁石3により前記プラズマチャンバ2の径方向に磁場が形成されるようになっている。

【0015】前記永久磁石3の両側には、一対のソレノイドコイル4、5が配置されている。それらのソレノイドコイル4、5は、その内外両側面及び外周面を取り囲む鉄ヨーク6、7によってそれぞれ保持されている。そして、それら鉄ヨーク6、7の間は完全に切り離されている。

【0016】各鉄ヨーク6、7の外側壁6a、7a及び内側壁6b、7bのプラズマチャンバ側の端面は、いずれもプラズマチャンバ2の軸線に平行とされている。そして、その外側壁6a、7aのプラズマチャンバ側の端面は、ソレノイドコイル4、5の内周面とほぼ同径位置となるようにされている。また、その外側壁6a、7aのプラズマチャンバ側の端部は、プラズマチャンバ2に向かって延出するようにされ、その端面の面積が大きくなるようにされている。こうして、鉄ヨーク6、7は、ソレノイドコイル4、5をそれぞれ個々に保持するものとされ、プラズマチャンバ2の軸線方向に独立して移動可能とされている。

【0017】プラズマチャンバ2の両端面には、それぞれOリング8、9を介して絶縁碍子10、11が気密に取り付けられている。また、その絶縁碍子10、11の外端面には、それぞれOリング12、13を介して鉄ヨーク延長部材14、15が気密に取り付けられている。それら鉄ヨーク延長部材14、15は鉄ヨーク6、7と同様の強磁性材料からなるもので、プラズマチャンバ2の入口側、すなわち図で右側の鉄ヨーク延長部材14は、プラズマチャンバ2の軸線方向に延びる円筒状のものとされている。また、プラズマチャンバ2の出口側、すなわち図で左側の鉄ヨーク延長部材15は、プラズマチャンバ2の軸線方向に延び、外側に向かって拡開する円錐筒状のものとされている。

【0018】こうして、図で右側の鉄ヨーク延長部材14から左側の鉄ヨーク延長部材15に至るまでの内側に、ソレノイドコイル4、5側から気密に遮蔽された空間が形成され、その空間を真空吸引することによってプラズマチャンバ2内が真空状態に保たれるようになっている。

【0019】鉄ヨーク延長部材14、15には、プラズマチャンバ2の軸線に平行な円筒状の外周面が形成されている。そして、その外周面が鉄ヨーク6、7の外側壁6a、7aの端面に接するようにされ、それによって、その間に磁氣的に接続されるようになっている。

【0020】プラズマチャンバ2の出口側の鉄ヨーク延長部材15には、その先端に引出し電極のカソード16

5

6

が取り付けられている。そのカソード16はプラズマチャンバ2の中心軸線側に向かって突出するようにされている。一方、プラズマチャンバ2の出口側の端部にはアノード17が取り付けられている。そして、これらアノード17とカソード16との間に10~20kV程度の高電圧が印加され、それによって、プラズマチャンバ2内で生成されたイオンが出口側へと引き出されるようになっている。

【0021】次に、この多価イオン生成部Bの作用について説明する。プラズマチャンバ2の入口側の鉄ヨーク延長部材14には、ガス導入管g、導波管mが気密に接続される。そこで、ガス導入管gを利用してプラズマチャンバ2内を真空吸引し、そのプラズマチャンバ2内を $10^{-7}$ Torr程度の高真空に保つ。そして、そのプラズマチャンバ2内に試料ガス及びマイクロ波を導入する。すると、試料ガスはマイクロ波によって励起されてプラズマ状となる。

【0022】このとき、プラズマチャンバ2内には永久磁石3によって径方向の磁場が形成されている。また、ソレノイドコイル4、5に通電することによって、各鉄ヨーク6、7を通りその端部から出る磁力線が形成される。そして、各鉄ヨーク6、7の外側壁6a、7aの端部からそれに磁気的に接続されている鉄ヨーク延長部材14、15内をとおる、その延長部材14、15間を結ぶ磁力線20が形成される。すなわち、プラズマチャンバ2内に軸線方向の磁場が形成される。

【0023】こうして、プラズマチャンバ2内に、永久磁石3による径方向の磁場とソレノイドコイル4、5による軸線方向の磁場とを重畳した合成磁場が形成される。そして、その合成磁場によって、プラズマチャンバ2内のプラズマがほぼ軸線方向に向かうものを除いて閉じ込められる。

【0024】一方、プラズマチャンバ2内の試料ガスには、そのプラズマチャンバ2内に導入されるマイクロ波の周波数とそのプラズマチャンバ2内に形成される磁場の強さとを所定の条件に合致させることによって、電子サイクロトロン共振が起こされる。したがって、その共振によってプラズマ内の電子が加速され、高速電子となる。そして、その高速電子が試料ガスの粒子に衝突することによって、その粒子のまわりの電子が跳ね飛ばされる。こうして、試料ガスの粒子が電離される。その場合、試料ガスはプラズマ状として閉じ込められているので、一つの粒子に多数の高速電子が衝突する。その結果、一つの粒子から複数個の電子が跳ね飛ばされ、その粒子が多価イオンとなる。

【0025】このようにして、プラズマチャンバ2内において多価イオンが生成される。例えばAsガスを試料ガスとして導入すると、 $As^{+2}$ 、 $As^{+3}$ 、…、 $As^{+10}$ 、…のように異なる価数の多価イオンが生成される。なお、1価イオンの $As^{+1}$ も生成される。生成された多価

イオンは引出し電極のカソード16によってプラズマチャンバ2の出口側へ引き寄せられ、軸線方向のイオン流としてプラズマチャンバ2から引き出される。

【0026】ところで、この多価イオン生成部Bにおいては、鉄ヨーク6、7の外側壁6a、7aの端部に鉄ヨーク延長部材14、15が接続され、その外側壁6a、7aの端部を内側に向かって延出させたのと同様とされている。したがって、ソレノイドコイル4、5によって形成される磁力線はその延長部材14、15から出ることになる。そして、その延長部材14、15と鉄ヨーク6、7の内側壁6b、7bの端部との間の距離は小さくなっている。その結果、それらの間にも磁力線21、22が形成されることになる。

【0027】こうして、プラズマチャンバ2の端部近傍には、一對の鉄ヨーク延長部材14、15間を結ぶ磁力線20、及び延長部材14、15と鉄ヨーク6、7の内側壁6b、7bの端部との間を結ぶ磁力線21、22が形成される。したがって、その部分の磁束密度が高くなり、磁場が強められる。その結果、ミラー磁場における極大磁束密度が高められ、プラズマの閉じ込めが良好となる。また、引出し電極であるカソード16付近の磁場が高められることにより、プラズマの閉じ込め領域をその引出し電極位置に近付けることが可能となるので、プラズマチャンバ2内で生成されたイオンの引出しが効率よく行われるようになり、大電流のイオンビームを得ることが可能となる。

【0028】更に、この多価イオン生成部Bにおいては、各ソレノイドコイル4、5を保持する鉄ヨーク6、7が互いに独立したものとされるので、その鉄ヨーク6、7を軸線方向に移動させることによって、ソレノイドコイル4、5間の間隔を変えることができる。そして、一定位置にあるソレノイドコイル4、5によって形成される磁場の磁束密度が図3に実線で示されているようなものであるとき、ソレノイドコイル4、5間の間隔を小さくすると、その磁束密度は図3に一点鎖線で示されているように変化し、ソレノイドコイル4、5間の中央部における磁束密度の極小値が高くなる。また、ソレノイドコイル4、5間の間隔を大きくすると、図3に破線で示されているように、その間の磁束密度の極小値が低くなる。一方、その磁束密度の極大値はほとんど変化しない。そして、ソレノイドコイル4、5によって形成されるミラー磁場のミラー比は、それら磁束密度の極大値と極小値との比によって決定される。

【0029】したがって、ソレノイドコイル4、5間の間隔を調整することによりミラー比を変えることができ、その最適化を図ることが可能となる。また、引出し電極位置と電子サイクロトロン共振領域との位置関係も最適化することができる。その結果、この多価イオン生成部Bにより、大電流の多価イオンを効率よく得ることが可能となる。

7

8

【0030】なお、各鉄ヨーク6、7の外側壁6a、7aの端部を内側に延出させてその端面の面積を大きくすることにより、それらの鉄ヨーク6、7を軸線方向に移動させたときにも鉄ヨーク延長部材14、15との接触面積が十分に確保されるようにしているが、ミラー比の調整のために移動される鉄ヨーク6、7の移動量は比較的小さいので、そのような延出部は必ずしも必要ではない。そのような延出部をなくすと、ソレノイドコイル4、5の装着がより容易となる。

【0031】図1に戻り、ビーム集束部Cは、複数段の10 静電レンズを備えており、前記多価イオン生成部Bから引き出されたイオンビームを集束させてイオンビームが発散するのを抑制する。

【0032】質量分析部Dは、扇形の電磁石を備えており、その電磁石により所定強度の磁場を発生させて、目的価数の多価イオンとそれ以外の多価イオンとを選別する。前記所定強度の磁場内で、目的価数の多価イオン、例えば $As^{+10}$ は、旋回半径Rに沿ったイオンビームを形成し、ビーム偏向部Eへ導かれる。価数が9以下の多価イオンは旋回半径Rより大きな旋回半径に沿ってイオンビームを形成し、図示せぬ吸収板に吸収される。また、20 価数が11以上の多価イオンは旋回半径Rより小さな旋回半径に沿ってイオンビームを形成し、図示せぬ吸収板に吸収される。

【0033】ビーム偏向部Eは、対向する一対の電極からなる偏向電極を2組だけ備えており、基板sの照射野に応じて前記目的価数の多価イオンによるイオンビームのビーム径、向きを調整できるようになっている。

【0034】ビーム加速部Fは、例えば電子ビームの加速に用いられる線形加速器であり、加速電圧を印加して30 前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを目的エネルギーに達するように加速する。前記ビーム加速部Fが従来のビーム加速部Qと同等なものとしても、目的価数の多価イオンを $As^{+10}$ とすると $2MeV (=200keV \times 10$  (価数))程度の高エネルギーまでは加速できることに

なる。

【0035】ビーム照射部Gは、基板sを所望の位置にセットするための基板ホルダh、イオンビームの照射時間などを制御するためのシャットなども備えている。

【0036】

【発明の効果】この発明のイオン注入法による基板製造装置および基板製造方法によれば、多価イオンをイオン注入に用いるため、価数の大きなものを目的価数の多価イオンに設定して、高いエネルギーによるイオン注入を実現できる。また、ビーム加速手段に依らず、注入する多価イオンの価数に依って高いエネルギーによるイオン注入を実現させるため、装置の大型化が抑えられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明のイオン注入法による基板製造装置の一実施例の説明図である。

【図2】図1の装置の多価イオン生成部についての縦断面図である。

【図3】図2の多価イオン生成部に係る一対のソレノイドコイル間の間隔を変えたときの磁束密度の変化を示すグラフである。

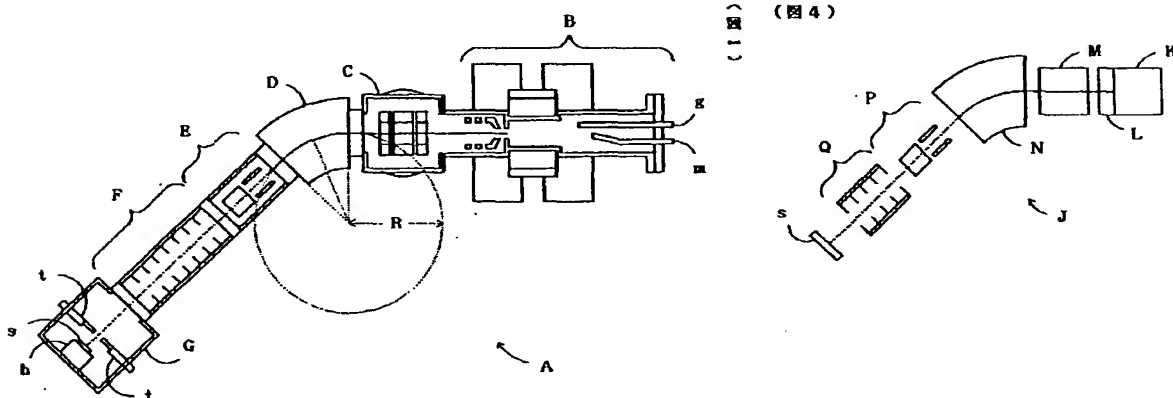
【図4】従来のイオン注入法による基板製造装置の一例の説明図である。

【符号の説明】

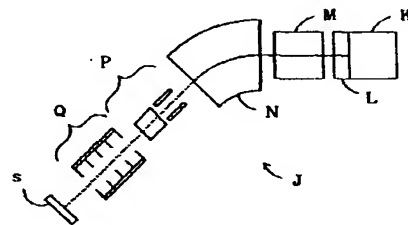
- A 基板製造装置
- B 多価イオン生成部
- C ビーム集束部
- D 質量分析部
- E ビーム偏向部
- F ビーム加速部
- G ビーム照射部
- g ガス導入管
- m 導波管
- s 基板
- 2 プラズマチャンバ
- 3 永久磁石

【図1】

【図4】

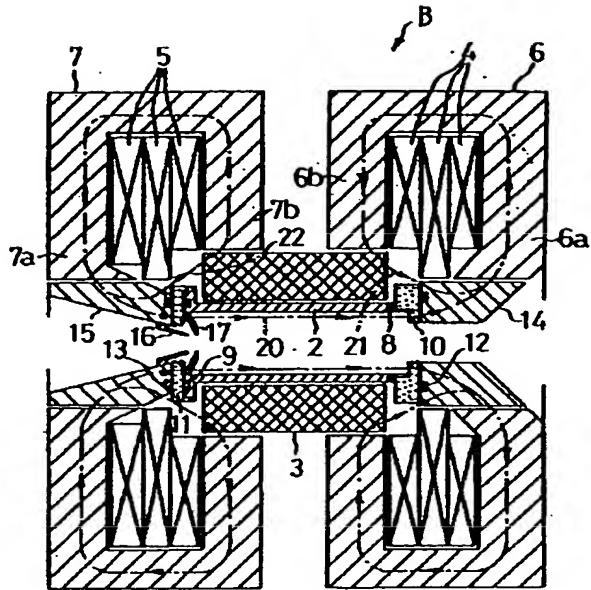


(図4)



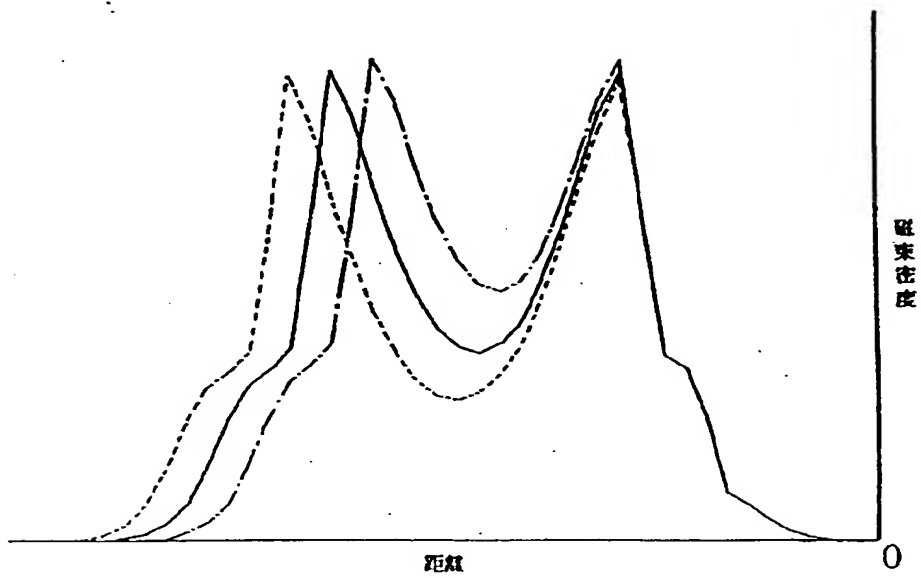
【図2】

(図2)



【図3】

(図3)



フロントページの続き

(72)発明者 磯谷 嘉彦  
千葉県四街道市盛の台一丁目3番 株式会  
社日本製鋼所内



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-36735

(43)公開日 平成6年(1994)2月10日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H 0 1 J 37/317	Z	9172-5E		
C 2 3 C 14/48		9046-4K		
H 0 1 L 21/265		8617-4M	H 0 1 L 21/ 265	F

審査請求 未請求 請求項の数2(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-189288

(22)出願日 平成4年(1992)7月16日

(71)出願人 000004215

株式会社日本製鋼所

東京都千代田区有楽町一丁目1番2号

(72)発明者 山下 靖夫

千葉県四街道市鷹の台一丁目3番 株式会  
社日本製鋼所内

(72)発明者 金田 安正

千葉県四街道市鷹の台一丁目3番 株式会  
社日本製鋼所内

(72)発明者 山田 輝雄

千葉県四街道市鷹の台一丁目3番 株式会  
社日本製鋼所内

(74)代理人 弁理士 有近 紳志郎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 多価イオン注入法による基板製造装置および基板製造方法

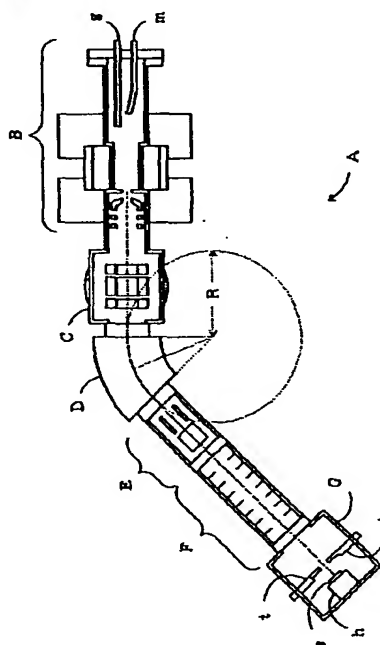
## (57)【要約】

【目的】 装置の大型化を抑えて、良好なコストパフォーマンスで、高いエネルギーによるイオン注入を実現できる。

【構成】 プラズマチャンバ内で多価イオンを生成する多価イオン生成部Bと、生成された多価イオンをプラズマチャンバ内から引き出す引出電極と、イオンビームを集束させるビーム集束部Cと、イオンビーム中の目的価数の多価イオンと他の多価イオンとを選別する価数選別部Dと、ビーム偏向部Eと、ビーム加速部Fと、目的価数の多価イオンによるイオンビームを照射してサブストレートsにイオン注入するビーム照射部Gとを備える。

【効果】 ビーム加速部の能力に依らず、注入する多価イオンの価数によって高いエネルギーによるイオン注入を実現させるため、装置の大型化が抑えられ、良好なコストパフォーマンスが得られる。

(図1)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電子サイクロトロン共振を利用してプラズマチャンバ内で多価イオンを生成する多価イオン生成手段と、生成された多価イオンをプラズマチャンバ内から引き出す引出手段と、引き出された多価イオンによるイオンビームを集束させてそのイオンビームの発散を抑制するビーム集束手段と、前記イオンビーム中の目的価数の多価イオンを価数の異なる他の多価イオンから選別する価数選別手段と、基板の照射野などに応じて前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを偏向させるビーム偏向手段と、前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを加速するビーム加速手段と、前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを照射して基板にイオン注入するビーム照射手段とを具備したことを特徴とする多価イオン注入法による基板製造装置。

【請求項2】 電子サイクロトロン共振を利用してプラズマチャンバ内で多価イオンを生成させ、前記プラズマチャンバ内から引き出した前記多価イオンによるイオンビームを集束させてから、前記イオンビーム中の目的価数の多価イオンを価数の異なる他の多価イオンから選別し、基板の照射野などに応じて前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを偏向させたのち目的エネルギーまで加速して、前記目的エネルギーに達した前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを照射して基板にイオン注入することを特徴とする多価イオン注入法による基板製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、多価イオン注入法による基板製造装置および基板製造方法に関し、さらに詳しくは、高エネルギーによるイオン注入を実現できる多価イオン注入法による基板製造装置および基板製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体基板に不純物を導入する方法として、また、耐摩耗性、耐食性などを向上させる表面改質の方法としてイオン注入法が用いられている。図4は、イオン注入法による基板製造装置の一般的構成の説明図である。この基板製造装置Jでは、試料ガスとして例えばAsF<sub>3</sub>を用いてイオン源KでAs<sup>+</sup>を生成する。生成されたAs<sup>+</sup>はイオン引出部Lによりイオン源Kから引き出されてイオンビームを形成し、ビーム集束部Mを介して質量分析部Nへ導かれる。イオンビーム中のAs<sup>+</sup>は、質量分析部Nにて他の不要なイオン（例えば、真空の不完全性に起因するO<sup>+</sup>）などから分離され、ビーム偏向部Pにて基板sの照射野に応じて偏向され、ビーム加速部Qにて目的エネルギーに加速されてから基板sに照射される。なお、図中、二点鎖線でイオン（ビーム）の飛跡を示している。前記ビーム加速部Qは、例えば電子ビームの加速に用いられる線形加速器であり、加

速電圧を印加してAs<sup>+</sup>を200keV程度の目的エネルギーに加速する。

【0003】なお、関連する他の従来技術は、例えば特開昭60-91600号公報や、特開昭62-229641号公報に開示されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】近年、新たな材料開発などのために、より高いエネルギーによるイオン注入を実現できる装置が要望されている。ところが、イオンを高エネルギーにしようとする、線形加速器などのビーム加速部が大型化し且つ複雑になってしまう問題点がある。例えば、As<sup>+</sup>を200keV程度の目的エネルギーに加速しようとする、2～3mの長さの線形加速器が必要になる。

【0005】そこで、この発明の目的は、装置の大型化を抑えて、高いエネルギーによるイオン注入を実現できるようにした多価イオン注入法による基板製造装置および基板製造方法を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】第1の観点ではこの発明は、電子サイクロトロン共振を利用してプラズマチャンバ内で多価イオンを生成する多価イオン生成手段と、生成された多価イオンをプラズマチャンバ内から引き出す引出手段と、引き出された多価イオンによるイオンビームを集束させてそのイオンビームの発散を抑制するビーム集束手段と、前記イオンビーム中の目的価数の多価イオンを価数の異なる他の多価イオンから選別する価数選別手段と、基板の照射野などに応じて前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを偏向させるビーム偏向手段と、前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを加速するビーム加速手段と、前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを照射して基板にイオン注入するビーム照射手段とを具備したことを構成上の特徴とする多価イオン注入法による基板製造装置を提供する。

【0007】上記構成において、多価イオンとは、一般に2価以上のイオンを意味するが、5価～20価が好ましく、8価～12価がさらに好ましい。イオンの種類は、特に限定されないが、例えばP、S、B、Ba、As、Ar、Ne、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>などが挙げられる。

【0008】第2の観点ではこの発明は、電子サイクロトロン共振を利用してプラズマチャンバ内で多価イオンを生成させ、前記プラズマチャンバ内から引き出した前記多価イオンによるイオンビームを集束させてから、前記イオンビーム中の目的価数の多価イオンを価数の異なる他の多価イオンから選別し、基板の照射野などに応じて前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを偏向させたのち目的エネルギーまで加速して、前記目的エネルギーに達した前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを照射して基板にイオン注入することを構成上の特徴とする多価イオン注入法による基板製造方法を提供

する。

#### 【0009】

【作用】この発明のイオン注入法による基板製造装置では、多価イオン生成手段が電子サイクロトロン共振を利用してプラズマチャンバ内で多価イオンを生成する。生成される多価イオンは、例えば  $As^{+2}$ ,  $As^{+3}$ , ...,  $As^{+10}$ , ... のように異なる価数の多価イオンからなっている。引出手段は前記多価イオンをラズマチャンバ内から引き出し、引き出された多価イオンによるイオンビームをビーム集束手段が集束させて前記イオンビームの発散を抑制する。価数選別手段は、前記イオンビーム中の目的価数の多価イオンと価数の異なる他の多価イオンとを選別する。例えば  $As^{+10}$  イオンを、 $As^{+1}$ , ...,  $As^{+9}$ ,  $As^{+11}$ , ... イオンから選別する。

【0010】ビーム偏向手段は基板の照射野などに応じて前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを偏向させ、ビーム加速手段は前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを加速する。前記ビーム加速手段は、1価イオンによるイオンビームを加速する従来のビーム加速手段と同等なものであっても、目的価数を例えば10とすることによって従来に比べて10倍のエネルギーまで加速できることになる。例えば、 $As^{+1}$ を200keV程度のエネルギーに加速するビーム加速部を用いても、 $As^{+10}$ イオンなら2000keV程度の目的エネルギーに加速することが出来る。なお、従来と同じエネルギーまで加速するのであれば、従来より小型のビーム加速部を用いることが出来る。ビーム照射手段は、前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを基板に照射して、イオン注入する。

【0011】この発明の多価イオン注入法による基板製造方法は、上記多価イオン注入法による基板製造装置により好適に実施される。

#### 【0012】

【実施例】以下、図に示す実施例に基づいてこの発明をさらに詳細に説明する。なお、これによりこの発明が限定されるものではない。図1は、この発明の一実施例のイオン注入法による基板製造装置の説明図である。この基板製造装置Aは、多価イオン生成部B、ビーム集束部C、質量分析部D、ビーム偏向部E、ビーム加速部F、ビーム照射部Gから構成されている。なお、二点鎖線はイオン（ビーム）の飛跡を示している。

【0013】以下、各構成要素について説明する。図2は、多価イオン生成部Bの縦断面図である。この多価イオン生成部Bは、その中央部分に両端が開口した円筒状のプラズマチャンバ2を備えており、その一方の開口端側（図中、右側）に配設されたガス導入管g（図1参照）と導波管m（図1参照）とからそれぞれ試料ガスとマイクロ波とが前記プラズマチャンバ2の内部に導入されるようになっている。

【0014】前記プラズマチャンバ2の外周には、永久

磁石3が設けられている。この永久磁石3は、前記プラズマチャンバ2の径方向に6個の棒磁石を放射状に配置してなる6極永久磁石の組をプラズマチャンバ2の軸線方向に複数組だけ配列したものであって、その永久磁石3により前記プラズマチャンバ2の径方向に磁場が形成されるようになっている。

【0015】前記永久磁石3の両側には、一対のソレノイドコイル4、5が配置されている。それらのソレノイドコイル4、5は、その内外両側面及び外周面を取り囲む鉄ヨーク6、7によってそれぞれ保持されている。そして、それら鉄ヨーク6、7の間は完全に切り離されている。

【0016】各鉄ヨーク6、7の外側壁6a、7a及び内側壁6b、7bのプラズマチャンバ側の端面は、いずれもプラズマチャンバ2の軸線に平行とされている。そして、その外側壁6a、7aのプラズマチャンバ側の端面は、ソレノイドコイル4、5の内周面とほぼ同径位置となるようにされている。また、その外側壁6a、7aのプラズマチャンバ側の端面は、プラズマチャンバ側に向かって延出するようにされ、その端面の面積が大きくなるようにされている。こうして、鉄ヨーク6、7は、ソレノイドコイル4、5をそれぞれ個々に保持するものとされ、プラズマチャンバ2の軸線方向に独立して移動可能とされている。

【0017】プラズマチャンバ2の両端面には、それぞれOリング8、9を介して絶縁碍子10、11が気密に取り付けられている。また、その絶縁碍子10、11の外端面には、それぞれOリング12、13を介して鉄ヨーク延長部材14、15が気密に取り付けられている。それら鉄ヨーク延長部材14、15は鉄ヨーク6、7と同様の強磁性材料からなるもので、プラズマチャンバ2の入口側、すなわち図で右側の鉄ヨーク延長部材14は、プラズマチャンバ2の軸線方向に延びる円筒状のものとされている。また、プラズマチャンバ2の出口側、すなわち図で左側の鉄ヨーク延長部材15は、プラズマチャンバ2の軸線方向に延び、外側に向かって拡開する円錐筒状のものとされている。

【0018】こうして、図で右側の鉄ヨーク延長部材14から左側の鉄ヨーク延長部材15に至るまでの内側に、ソレノイドコイル4、5側から気密に遮蔽された空間が形成され、その空間を真空吸引することによってプラズマチャンバ2内が真空状態に保たれるようになっている。

【0019】鉄ヨーク延長部材14、15には、プラズマチャンバ2の軸線に平行な円筒状の外周面が形成されている。そして、その外周面が鉄ヨーク6、7の外側壁6a、7aの端面に接するようにされ、それによって、その間に磁氣的に接続されるようになっている。

【0020】プラズマチャンバ2の出口側の鉄ヨーク延長部材15には、その先端に引出し電極のカソード16

5

が取り付けられている。そのカソード16はプラズマチャンバ2の中心軸線側に向かって突出するようにされている。一方、プラズマチャンバ2の出口側の端部にはアノード17が取り付けられている。そして、これらアノード17とカソード16との間に10~20kV程度の高電圧が印加され、それによって、プラズマチャンバ2内で生成されたイオンが出口側へと引き出されるようになっている。

【0021】次に、この多価イオン生成部Bの作用について説明する。プラズマチャンバ2の入口側の鉄ヨーク延長部材14には、ガス導入管g、導波管mが気密に接続される。そこで、ガス導入管gを利用してプラズマチャンバ2内を真空吸引し、そのプラズマチャンバ2内を $10^{-7}$ Torr程度の高真空に保つ。そして、そのプラズマチャンバ2内に試料ガス及びマイクロ波を導入する。すると、試料ガスはマイクロ波によって励起されてプラズマ状となる。

【0022】このとき、プラズマチャンバ2内には永久磁石3によって径方向の磁場が形成されている。また、ソレノイドコイル4、5に通電することによって、各鉄ヨーク6、7を通りその端部から出る磁力線が形成される。そして、各鉄ヨーク6、7の外側壁6a、7aの端部からそれに磁氣的に接続されている鉄ヨーク延長部材14、15内をとおる、その延長部材14、15間を結ぶ磁力線20が形成される。すなわち、プラズマチャンバ2内に軸線方向の磁場が形成される。

【0023】こうして、プラズマチャンバ2内に、永久磁石3による径方向の磁場とソレノイドコイル4、5による軸線方向の磁場とを重畳した合成磁場が形成される。そして、その合成磁場によって、プラズマチャンバ2内のプラズマがほぼ軸線方向に向かうものを除いて閉じ込められる。

【0024】一方、プラズマチャンバ2内の試料ガスには、そのプラズマチャンバ2内に導入されるマイクロ波の周波数とそのプラズマチャンバ2内に形成される磁場の強さとを所定の条件に合致させることによって、電子サイクロトロン共振が起こされる。したがって、その共振によってプラズマ内の電子が加速され、高速電子となる。そして、その高速電子が試料ガスの粒子に衝突することによって、その粒子のまわりの電子が跳ね飛ばされる。こうして、試料ガスの粒子が電離される。その場合、試料ガスはプラズマ状として閉じ込められているので、一つの粒子に多数の高速電子が衝突する。その結果、一つの粒子から複数個の電子が跳ね飛ばされ、その粒子が多価イオンとなる。

【0025】このようにして、プラズマチャンバ2内において多価イオンが生成される。例えばAsガスを試料ガスとして導入すると、 $As^{+2}$ 、 $As^{+3}$ 、…、 $As^{+10}$ 、…のように異なる価数の多価イオンが生成される。なお、1価イオンの $As^{+1}$ も生成される。生成された多価

6

イオンは引出し電極のカソード16によってプラズマチャンバ2の出口側に引き寄せられ、軸線方向のイオン流としてプラズマチャンバ2から引き出される。

【0026】ところで、この多価イオン生成部Bにおいては、鉄ヨーク6、7の外側壁6a、7aの端部に鉄ヨーク延長部材14、15が接続され、その外側壁6a、7aの端部を内側に向かって延出させたのと同様とされている。したがって、ソレノイドコイル4、5によって形成される磁力線はその延長部材14、15から出ることになる。そして、その延長部材14、15と鉄ヨーク6、7の内側壁6b、7bの端部との間の距離は小さくなっている。その結果、それらの間にも磁力線21、22が形成されることになる。

【0027】こうして、プラズマチャンバ2の端部近傍には、一對の鉄ヨーク延長部材14、15間を結ぶ磁力線20、及び延長部材14、15と鉄ヨーク6、7の内側壁6b、7bの端部との間を結ぶ磁力線21、22が形成される。したがって、その部分の磁束密度が高くなり、磁場が強められる。その結果、ミラー磁場における極大磁束密度が高められ、プラズマの閉じ込めが良好となる。また、引出し電極であるカソード16付近の磁場が高められることにより、プラズマの閉じ込め領域をその引出し電極位置に近付けることが可能となるので、プラズマチャンバ2内で生成されたイオンの引出しが効率よく行われるようになり、大電流のイオンビームを得ることが可能となる。

【0028】更に、この多価イオン生成部Bにおいては、各ソレノイドコイル4、5を保持する鉄ヨーク6、7が互いに独立したものとされるので、その鉄ヨーク6、7を軸線方向に移動させることによって、ソレノイドコイル4、5間の間隔を変えることができる。そして、一定位置にあるソレノイドコイル4、5によって形成される磁場の磁束密度が図3に実線で示されているようなものであるとき、ソレノイドコイル4、5間の間隔を小さくすると、その磁束密度は図3に一点鎖線で示されているように変化し、ソレノイドコイル4、5間の中央部における磁束密度の極小値が高くなる。また、ソレノイドコイル4、5間の間隔を大きくすると、図3に破線で示されているように、その間の磁束密度の極小値が低くなる。一方、その磁束密度の極大値はほとんど変化しない。そして、ソレノイドコイル4、5によって形成されるミラー磁場のミラー比は、それら磁束密度の極大値と極小値との比によって決定される。

【0029】したがって、ソレノイドコイル4、5間の間隔を調整することによりミラー比を変えることができ、その最適化を図ることが可能となる。また、引出し電極位置と電子サイクロトロン共振領域との位置関係も最適化することができる。その結果、この多価イオン生成部Bにより、大電流の多価イオンを効率よく得ることが可能となる。

50

7

【0030】なお、各鉄ヨーク6、7の外側壁6a、7aの端部を内側に延出させてその端面の面積を大きくすることにより、それらの鉄ヨーク6、7を軸線方向に移動させたときにも鉄ヨーク延長部材14、15との接触面積が十分に確保されるようにしているが、ミラー比の調整のために移動される鉄ヨーク6、7の移動量は比較的小さいので、そのような延出部は必ずしも必要ではない。そのような延出部をなくすと、ソレノイドコイル4、5の装着がより容易となる。

【0031】図1に戻り、ビーム集束部Cは、複数段の静電レンズを備えており、前記多価イオン生成部Bから引き出されたイオンビームを集束させてイオンビームが発散するのを抑制する。

【0032】質量分析部Dは、扇形の電磁石を備えており、その電磁石により所定強度の磁場を発生させて、目的価数の多価イオンとそれ以外の多価イオンとを選別する。前記所定強度の磁場内で、目的価数の多価イオン、例えば  $As^{+10}$  は、旋回半径Rに沿ったイオンビームを形成し、ビーム偏向部Eへ導かれる。価数が9以下の多価イオンは旋回半径Rより大きな旋回半径に沿ってイオンビームを形成し、図示せぬ吸収板に吸収される。また、価数が11以上の多価イオンは旋回半径Rより小さな旋回半径に沿ってイオンビームを形成し、図示せぬ吸収板に吸収される。

【0033】ビーム偏向部Eは、対向する一対の電極からなる偏向電極を2組だけ備えており、基板sの照射野に応じて前記目的価数の多価イオンによるイオンビームのビーム径、向きを調整できるようになっている。

【0034】ビーム加速部Fは、例えば電子ビームの加速に用いられる線形加速器であり、加速電圧を印加して前記目的価数の多価イオンによるイオンビームを目的エネルギーに達するように加速する。前記ビーム加速部Fが従来のビーム加速部Qと同等なものとしても、目的価数の多価イオンを  $As^{+10}$  とすると  $2MeV (=200keV \times 10$  (価数)) 程度の高エネルギーまでは加速できることに

8

なる。

【0035】ビーム照射部Gは、基板sを所望の位置にセットするための基板ホルダh、イオンビームの照射時間などを制御するためのシャッタなどを備えている。

【0036】

【発明の効果】この発明のイオン注入法による基板製造装置および基板製造方法によれば、多価イオンをイオン注入に用いるため、価数の大きなものを目的価数の多価イオンに設定して、高いエネルギーによるイオン注入を実現できる。また、ビーム加速手段に依らず、注入する多価イオンの価数に依って高いエネルギーによるイオン注入を実現させるため、装置の大型化が抑えられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明のイオン注入法による基板製造装置の一実施例の説明図である。

【図2】図1の装置の多価イオン生成部についての縦断面図である。

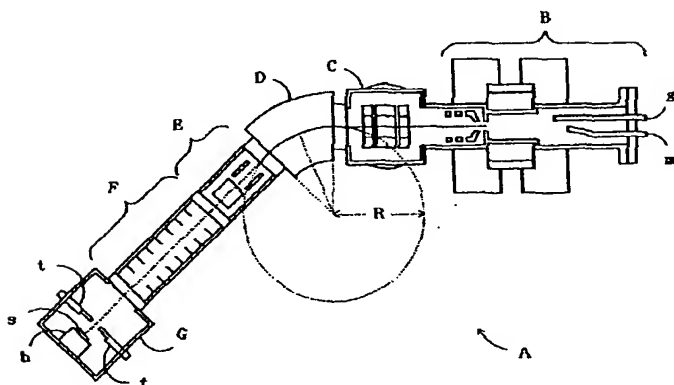
【図3】図2の多価イオン生成部に係る一対のソレノイドコイル間の間隔を変えたときの磁束密度の変化を示すグラフである。

【図4】従来のイオン注入法による基板製造装置の一例の説明図である。

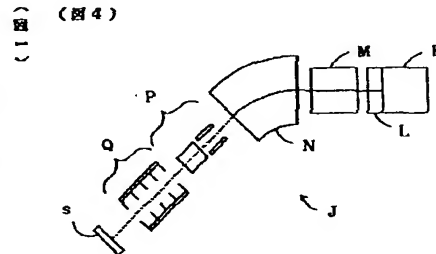
【符号の説明】

- A 基板製造装置
- B 多価イオン生成部
- C ビーム集束部
- D 質量分析部
- E ビーム偏向部
- F ビーム加速部
- G ビーム照射部
- g ガス導入管
- m 導波管
- s 基板
- 2 プラズマチャンバ
- 3 永久磁石

【図1】

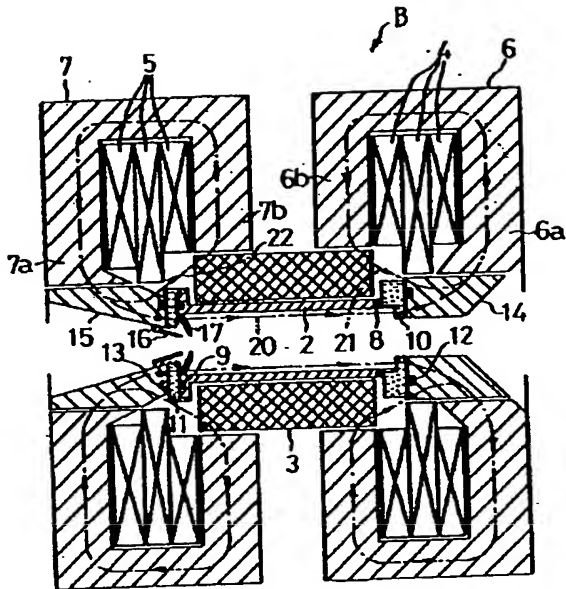


【図4】



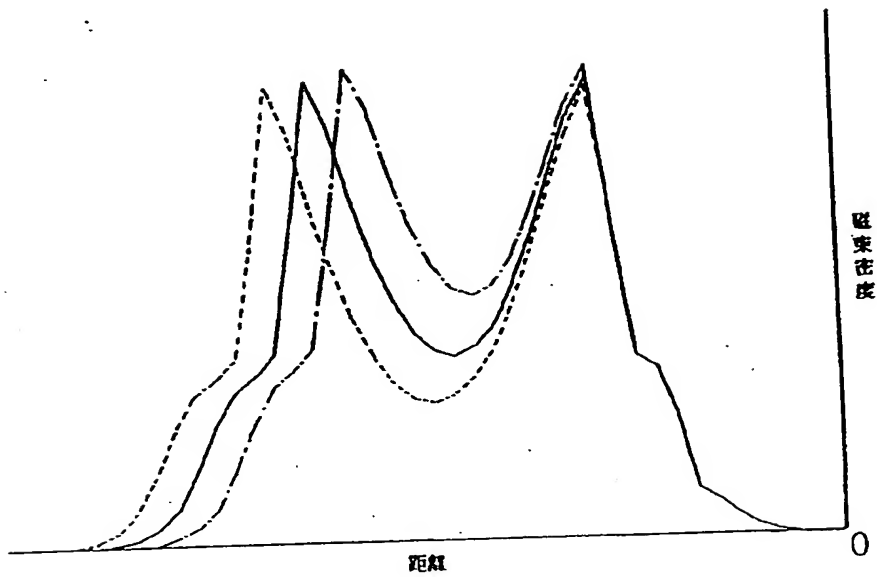
【図2】

(図2)



【図3】

(図3)



フロントページの続き

(72)発明者 礒谷 嘉彦  
千葉県四街道市麩の台一丁目3番 株式会  
社日本製鋼所内